

On line

Sobral, CE
Dezembro, 2009

Autores

Mônica Matoso Campanha

Eng. Agrônoma, D. Sc.,
Pesquisadora da Embrapa
Caprinos e Ovinos. Estrada
Sobral/Groaíras, Km 04 -
Zona Rural - Cx Postal 145 -
CEP: 62010-970 - Sobral/CE
monica@cnpq.embrapa.br

Rafaella da Silva Nogueira

Eng. Agrônoma,
Bolsista da EPAMIG

Teógenes Senna de Oliveira

Eng. Agrônomo - Professor
D.Sc., Universidade Federal
do Ceará

Adunias dos Santos Teixeira

Eng. Agrônomo - Ph.D.,
Professor D.Sc., Universidade
Federal do Ceará

Ricardo Espíndola Romero

Eng. Agrônomo - Professor
D.Sc., Universidade Federal
do Ceará

Teores e Estoques de Carbono no Solo de Sistemas Agroflorestais e Tradicionais no Semiárido Brasileiro

Introdução

Existe uma preocupação crescente com as mudanças climáticas e seu impacto nas atividades humanas e recursos naturais. Os ecossistemas naturais estão sendo cada vez mais alterados pelo homem, com o crescente aumento da população e necessidade de produção de alimentos.

No Brasil, as atividades agrícolas, assim como os desmatamentos e as queimadas são os maiores responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera (CITAR). Entre esses gases, o dióxido de carbono é de interesse especial por ser o gás mais abundante e um dos que mais contribuem para o aquecimento global.

O incremento das reservas de carbono pelo plantio de florestas e sistemas de produção, no qual árvores são introduzidas, tem sido reconhecido em escala global e pode ter um valor econômico considerável (MIRANDA et al., 2008). Neste sentido, os sistemas agroflorestais (SAFs), notadamente os sistemas de produção agrossilvipastoris, que integram a exploração de lenhosas perenes com culturas agrícolas e pastagem, tem grande potencial e vêm sendo propostos como alternativas ecologicamente sustentáveis de exploração das regiões tropicais (ALTIERI, 1995).

Os benefícios do manejo agroflorestal em relação ao cultivo convencional têm sido demonstrados em muitos trabalhos, sendo as principais vantagens destes sistemas: ciclagem de nutrientes; aumento da biodiversidade, favorecimento da fauna do solo; aporte de matéria orgânica (CARVALHO et al., 2004); menores perdas de solo, carbono orgânico e nutrientes pela erosão (FRANCO et al., 2002), aumento do estoque de carbono no solo (NEVES et al., 2004; OLIVEIRA, 2006) e aumento da capacidade de retenção de água no solo (SILVA, 2008). Além disso, diversificam a produção, elevam a produtividade da terra, melhoram a renda e a qualidade de vida dos agricultores (ARAÚJO FILHO et al., 2006).

O sequestro de carbono (C) no solo tem um importante papel ambiental, uma vez que os ambientes terrestres vêm sendo apontados como alternativas para medidas mitigadoras de mudanças climáticas (ASSIS et al., 2006). Dentre esses ambientes, o solo é apontado como o maior compartimento de carbono, porém, devido à susceptibilidade a perdas, tanto a curto como a longo prazo, o carbono orgânico do solo deve ser preservado para minimizar os impactos negativos das mudanças climáticas (MACHADO, 2005). Além disso, as perdas de carbono também comprometem a ciclagem e retenção de nutrientes, a agregação do solo, a dinâmica da água, a atividade biológica, ocasionando desequilíbrios no sistema e intensificando o processo de degradação ambiental (RANGEL et al., 2008).

A matéria orgânica do solo (MOS) tem sido utilizada como indicador da sua qualidade, devido à sua sensibilidade às perturbações causadas pelos sistemas de manejo e a sua relação com inúmeros processos que ocorrem no solo (CONCEIÇÃO et al. 2005). Por estes motivos, avaliações dos teores de carbono orgânico total (COT) têm sido consideradas suficientes para entender a dinâmica da MOS em sistemas de exploração agrícola a longo prazo. Todavia, em situações de manejo adotadas em curto prazo,

esse indicador pode não ser eficiente em discriminar as alterações na qualidade do solo (SOUZA et al. 2006). Nesse caso, uma alternativa de incrementar a sensibilidade e a precisão durante a avaliação de diferentes sistemas de manejo consiste na avaliação de frações da matéria orgânica do solo, como a particulada (BAYER et al. 2004), a associada e a solúvel em água (SOUZA; MELO, 2003).

O uso intensivo e o manejo inadequado do solo podem propiciar perdas consideráveis de matéria orgânica do solo, por mineralização e erosão hídrica (ASSIS et al., 2006). De acordo com Bronick e Lal (2005), sistemas de manejo que reduzem a taxa de decomposição de resíduos vegetais diminuem as emissões de CO₂ e aumentam o estoque de C no solo.

O Índice de Manejo do Carbono (IMC) também pode ser utilizado como medida das alterações provocadas pelo manejo, quando comparado à situação considerada ideal (BLAIR et al., 1995). O IMC mede as alterações nos estoques, sendo valores inferiores a 100% indicativos de impacto negativo das práticas de manejo sobre os teores da matéria orgânica e qualidade do solo (BLAIR et al., 1995).

O presente trabalho foi desenvolvido a partir das hipóteses de que os SAFs proporcionam maior aporte e estoque de carbono quando comparado aos sistemas convencionais e tradicionais. Objetivou-se avaliar os teores e estoques de carbono orgânico nas formas: total, particulada, associada e solúvel em água, bem como a distribuição destas formas de carbono em sistemas agrícolas convencionais e agroflorestais.

Metodologia

A pesquisa foi desenvolvida nos campos experimentais do Centro Nacional de Pesquisa de Caprinos e Ovinos (CNPIC) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), situados no município de Sobral-CE, a 3° 41'S e 40° 20'W. O clima da região é do tipo BShw., segundo a classificação de Köppen, com estação chuvosa de janeiro a junho. A temperatura média anual é de 28°C e a precipitação média de 759 mm ano⁻¹. Os solos da área em estudo apresentam manchas de Luvisolo Crômico Órtico típico e Luvisolo Hipocrômico Órtico típico (AGUIAR et al. 2006), segundo classificação Santos et al. (2006).

Foram avaliadas as seguintes áreas, apresentadas na Fig. 1:

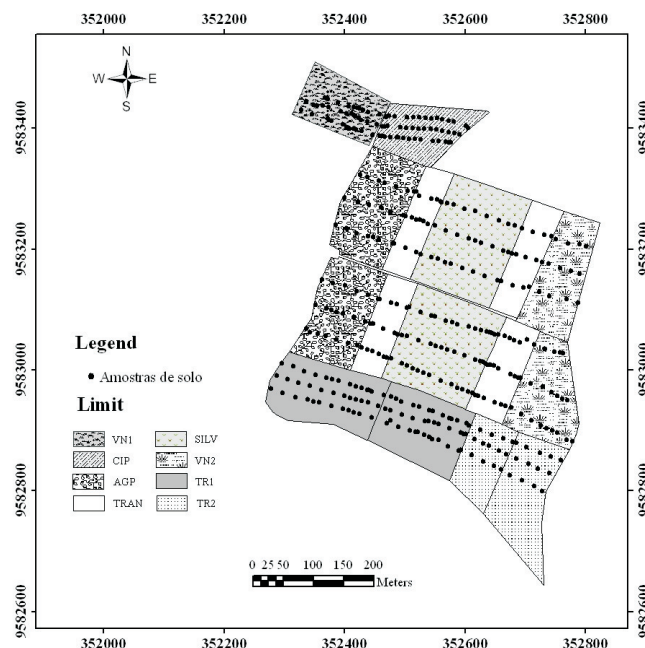


Fig. 1. Área experimental e localização dos pontos de coleta nos sistemas de manejo agrissilvipastoril (AGSP), silvipastoril (SILV), tradicional 1 (TRD1), tradicional 2 (TRD2), cultivo intensivo em pousio (CINT), vegetação natural 1 (VEG1) e vegetação natural 2 (VEG2) na Fazenda Crioula, Sobral-CE. 2008.

- Agrossilvipastoril (AGSP) – implantado desde 1997, áreas de 1,8 e 1,7 ha, que sofreram redução da densidade do estrato arbóreo-arbustivo (raleamento), preservando uma cobertura vegetal arbórea nativa de 22%. O plantio de milho (*Zea mays*) e feijão caupi (*Vigna unguiculata*) foi feito anualmente, em faixas de 3,0 m de largura, separadas por fileiras de leguminosas (*Leucaena spp*), até 2006, onde a partir de 2007 foi cultivado somente milho. É feito adubação verde durante o período chuvoso, com o corte da parte aérea da leucena e adubação orgânica da cultura agrícola com o esterco produzido pelos animais. A leucena é utilizada como banco de proteína, no período seco, para alimentação de um rebanho de 20 matrizes ovinas.

- Silvipastoril (SILV) – implantado desde 1997, subáreas de 5,2 ha, submetidas ao raleamento, preservando uma cobertura vegetal arbórea nativa de 38%. Na implantação, os galhos finos e folhas proveniente do raleamento foram deixados sobre o solo. Esta área é utilizada para a manutenção de um rebanho de 20 matrizes ovinas ao longo do ano.

- Tradicional (TRD) – área de 6,3 hectares, divididos em cinco parcelas. A primeira foi submetida ao desmatamento e queima do material vegetal no ano de 1997, cultivada com milho em 1998 e 1999 e deixada em pousio. A forragem nativa crescida e os resíduos

culturais dessa área serviram como alimento de 10 matrizes ovinas, no período seco. Em 1999, foi preparada uma segunda parcela, com desmatamento e queima, e cultivada em 2000 e 2001, ficando em pousio após o cultivo. O sistema tradicional foi separado em TRD1 e TRD2 devido às diferentes condições de relevo, pois o TRD1 é composto por três parcelas com o predomínio de relevo plano, enquanto que o TRD2 apresenta duas parcelas, cujo relevo é predominantemente do tipo ondulado.

- Cultivo intensivo em pousio (CINT) – área vizinha ao sistema agrossilvipastoril, com 1,2 ha, foi desmatada e queimada em 1997 e cultivada com milho e feijão, de 1998 a 2002, com milho e feijão.
- Vegetação Natural 1 (VEG1) – área de caatinga nativa com 1,2 ha, foi considerada como referência para o tratamento CINT. Em poucos períodos do ano, pode ser utilizada como piquete de manutenção dos animais.
- Vegetação Natural 2 (VEG2) – área de caatinga nativa com 3,1 ha e uso semelhante a VEG1. Esta foi utilizada como referência para os tratamentos AGSP, SILV, TRDD1 e TRD2.

A altimetria foi determinada com auxílio de nível e mira topográficos e o mapa de elevação da área foi gerado utilizando-se o programa Surfer 7.0. A área foi também classificada espacialmente por faixas de declividade através da ferramenta “terrain slope” presente na função *calculus* do Surfer. As classes de declividade adotadas foram classificadas de acordo com Santos et al. (2005) em: Plano: superfície de topografia horizontal, onde as declividades são menores que 3%; Suave ondulado: superfície de topografia pouco movimentada, constituída de declives suaves de 3% a 8%; Ondulado: superfície de topografia pouco movimentada, porém constituída de declives acentuados que variam de 8% a 20%; e Forte ondulado: apresenta uma topografia movimentada, constituída de morros e declividades fortes com 20% a 45%.

Foram coletadas um total de 383 amostras de solo na profundidade de 0-5 cm, em dezembro de 2007, ao longo de transectos alocados nas porções inferior, média e superior das áreas estudadas, utilizando o espaçamento de 5, 10 ou 20 metros em condições de relevo ondulado, suave ondulado e plano, respectivamente, a fim de obter uma amostragem representativa do local.

Os limites e os transectos da área estudada foram determinados por GPS, no qual as coordenadas foram

inseridas no programa ArcGIS (ESRI, 2005) para a obtenção de um mapa georeferenciado.

Nas amostras, procedeu-se às análises de carbono orgânico total (COT), carbono orgânico particulado (COP), carbono orgânico associado (COA) (YEOMANS; BREMMER, 1988) e carbono orgânico solúvel (CSA) (BARTLETT; ROSS, 1988; YEOMANS; BREMMER, 1988). Foi determinada a densidade do solo pelo método do torrão parafinado (CLAESSEN, 1997), sendo os agregados necessários à análise separados previamente ao procedimento de destorroamento,

O estoque para as formas de carbono orgânico total, particulado e associado na camada de 0-5 cm foi obtido considerando o valor de carbono orgânico estocado na camada de 0-5 cm, os teores das formas de carbono estudadas e densidade do solo.

O Índice de Manejo de Carbono (IMC) foi calculado de acordo com Blair et al. (1995), adaptado de Diekow (2003), pela fórmula: $IMC = IEC \times IL \times 100$, onde: IEC = índice de estoque de carbono e IL = índice de labilidade. Foi feita a quantificação do IMC das áreas, determinando a proporção da área que apresenta valores de IMC superiores ou inferiores à condição ideal, no caso 100% (BLAIR et al., 1995).

O índice de estoque de carbono (IEC), o índice de labilidade (IL), e a labilidade (L) foram calculados pelas fórmulas a seguir: $IEC = Ct / Cr$; $IL = Lt / Lr$; $L = CP / CA$, onde: Ct = estoque de COT no tratamento avaliado ($Mg \cdot ha^{-1}$), Cr = estoque de COT na área de referência ($Mg \cdot ha^{-1}$), Lt = labilidade da matéria orgânica do solo no tratamento avaliado, Lr = labilidade da matéria orgânica do solo no tratamento de referência, CP = estoque de carbono orgânico da fração particulada ($Mg \cdot ha^{-1}$) e CA = estoque de carbono orgânico da fração associada ($Mg \cdot ha^{-1}$).

O comportamento geral das variáveis do solo foi avaliado primeiramente por meio de medidas descritivas. A distribuição de frequência dos dados foi analisada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) ao nível de 5% de probabilidade.

Para construção do mapa, foi feita a interpolação dos valores nos pontos não amostrados, sendo a definição do método de interpolação realizada a partir da validação dos valores estimados (MELLO et al., 2005). Utilizou-se o software Variowin 2.21, para a análise da dependência espacial das variáveis.

Resultados e Discussão

Os resultados dos teores de carbono orgânico total (COT), particulado (COP), associado (COA) e solúvel (CSA) estão descritos na Tabela 1. A análise do comportamento dos sistemas estudados permitiu avaliar se o sistema de manejo está promovendo perdas ou ganhos das formas de carbono, e foi feito a partir da sua variação em relação às áreas de referência.

Comparadas com a VEG2, as áreas SILV e AGSP apresentaram perdas de 17% e 16% nos teores de

COT, respectivamente. Nos cultivos tradicionais, foi verificado comportamento semelhante, porém em maior intensidade. Nas áreas de TRD1 e TRD2 foram identificadas reduções em torno de 40% e 29%, respectivamente, nos teores de COT. Já no CINT, houve perda de 23% quando comparado a VEG1. Entretanto, quando se compara os sistemas de cultivo agrícola convencionais, verifica-se que o sistema AGSP proporcionou aumentos de aproximadamente 41%, 28% e 16%, em relação ao CINT, TRD1 e TRD2, respectivamente, (Tabela 1).

Tabela 1. Estatística descritiva dos teores de carbono orgânico total (COT), particulado (COP), associado (COA) e solúvel em água (CSA) em Luvisolos sob sistemas de manejo agroflorestal e convencional na Fazenda Crioula, Sobral-CE. 2007.

Medidas	Tratamentos						
	CINT	VEG1	AGSP	SILV	TRD1	TRD2	VEG2
Carbono orgânico total – COT (g kg ⁻¹)							
Média	16,72	21,83	28,27	27,86	20,26	23,78	33,70
CV ⁽¹⁾	29,84	43,15	34,35	32,95	35,84	28,19	42,92
Desvio Padrão	4,99	9,42	9,71	9,18	7,26	6,70	14,46
KS ⁽²⁾	0,11*	0,19*	0,13*	0,09*	0,09*	0,15*	0,16
Carbono orgânico particulado – COP (g kg ⁻¹)							
Média	4,55	5,20	10,08	7,47	7,12	5,69	9,61
CV ⁽¹⁾	53,62	65,57	60,30	76,43	65,73	76,97	50,68
Desvio Padrão	2,44	3,41	6,08	5,71	4,68	4,38	4,87
KS ⁽²⁾	0,14	0,19	0,14	0,15	0,08*	0,17	0,26
Carbono orgânico associado – COA (g kg ⁻¹)							
Média	12,17	16,63	18,19	22,03	13,13	18,44	24,89
CV ⁽¹⁾	53,32	67,82	62,50	59,73	58,65	46,65	62,64
Desvio Padrão	6,49	11,28	11,37	13,16	7,70	8,60	15,59
KS ⁽²⁾	0,15	0,14*			0,0	0	0,24
Carbono solúvel em água – CSA (mg kg ⁻¹)							
Média	62,49	88,32	84,91	87,28	82,24	78,58	94,30
CV ⁽¹⁾	22,30	30,73	35,02	51,81	35,43	34,17	24,72
Desvio Padrão	13,94	27,14	29,74	45,22	29,14	26,85	23,31
KS ⁽²⁾	0,15	0,15*	0,10*	0,13	0,16	0,14*	0,10*
Observações	41	32	41	67	74	28	35

AGSP: agrissilvipastoril, SILV: silvipastoril, TRD1: tradicional 1, TRD2: tradicional 2, CINT: cultivo intensivo em pousio, VEG1: vegetação natural 1, VEG2: vegetação natural 2. ⁽¹⁾ Coeficiente de variação. ⁽²⁾ Teste de Kolmogorov-Smirnov, * significativo a 5% de probabilidade.

Na mesma área experimental, Maia et al. (2007) verificaram, em 2002, que os sistemas AGSP, TRD, SILV e CINT, proporcionaram reduções de COT em torno de 38%, 35%, 4% e 21% respectivamente, em relação às suas áreas de referência. Em outubro de 2005, Nogueira et al. (2008) também encontraram reduções de COT, sendo de 33%, 30% e 42% para AGSP, SILV e TRD. No mesmo estudo, CINT continuou com perdas de 21% de COT, parecendo ter mantido uma condição de estabilidade. Comparando os resultados de anos anteriores, na mesma área, verifica-se que os sistemas de manejo AGSP e SILV estão promovendo menores perdas de COT ao longo do tempo, o que não ocorre no CINT, pois, apesar da área estar em pousio desde 2002, as perdas foram incrementadas em 2%, o que evidencia uma maior eficiência dos sistemas agroflorestais na conservação da matéria orgânica.

Para o carbono orgânico particulado (COP), os sistemas estudados, exceto o AGSP, apresentaram perdas nos teores, quando comparado às áreas de referências. O tratamento AGSP destacou-se com uma média de $10,1 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto que o CINT apresentou apenas $4,5 \text{ g kg}^{-1}$ de COP (Tabela 1). O CINT obteve uma perda de 13% quando comparado a VEG1, enquanto que os tratamentos TRD2, TRD1 e SILV apresentaram reduções de 41%, 26% e 22% nos teores de COP, respectivamente em relação a VEG2. Quando se compara os sistemas agrossilvipastoril e silvipastoril com o cultivo intensivo, foram observadas perdas de 55% e 39%, respectivamente. Considerando que esta fração do carbono é afetada por perturbações do meio (Spagnollo, 2004), os resultados demonstram que, apesar de provocar distúrbios ao solo, as práticas agrícolas adotadas no AGSP foram capazes de conservar o carbono neste compartimento.

O teor médio de carbono orgânico associado (COA) foi de $17,92 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto que a fração particulada apresentou uma média de $7,10 \text{ g kg}^{-1}$ nos tratamentos estudados. A área que apresentou menor perda no teor de COA foi SILV, com uma redução de 11%, enquanto que no TRD2, AGSP e TRD1 as perdas foram intensificadas para 26%, 27% e 47% quando comparado à VEG2. A área de CINT também promoveu perdas, sendo estas de 27% em relação à VEG1 (Tabela 1).

De modo geral, os sistemas agroflorestais apresentaram teores de carbono orgânico solúvel (CSA) superiores aos sistemas convencionais, sendo de 87,28 e $84,91 \text{ mg kg}^{-1}$, médias observadas na áreas SILV e AGSP. Resultados inferiores foram encontrados em estudo

desenvolvido por Wendling et al. (2005), quando observou teores de $44,7 \text{ mg kg}^{-1}$ em áreas onde os sistemas agroflorestais são adotados aproximadamente há 10 anos. As áreas SILV, AGSP, TRD1 e TRD2 apresentaram reduções de 7%, 10%, 13% e 17%, em relação à condição natural VEG2. A maior perda foi observada no CINT, com 29% em relação à área VEG1 (Tabela 1). De acordo com Kalbitz et al. (2000), os compostos orgânicos solúveis em água são originados da hidrólise de materiais insolúveis provenientes de moléculas orgânicas, sendo a concentração no solo de CSA, regulada por atributos como qualidade e teor de matéria orgânica, acidez, disponibilidade de nutrientes, mineralogia e fatores ligados à comunidade microbiana (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2008). Dessa forma, os sistemas agroflorestais foram mais eficientes em fornecer compostos orgânicos para decomposição, em relação aos sistemas convencionais, favorecendo o teor de CSA no sistema, em função do manejo dado à vegetação das áreas.

Os coeficientes de variação (CV) para os teores de COT, COP, COA e CSA foram, em média, 35%, 64%, 59% e 33%, enquanto que os estoques destas variáveis apresentaram um CV médio em torno 38%, 61%, 60% e 32%, respectivamente. Os limites propostos por Warrick e Nielsen (1980) para classificar as variáveis do solo estabelece as seguintes classes: baixo $\text{CV} < 12\%$, médio $12 \leq \text{CV} \leq 60\%$ e alto $\text{CV} > 60\%$. De acordo com esta classificação, os teores e estoques de COT, COA e CSA apresentaram variabilidade média, enquanto que os teores e estoques de COP foram caracterizados com um alto coeficiente de variação. De maneira geral, as medidas descritivas e o teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) indicaram que as variáveis estudadas seguem uma distribuição normal.

Resultados similares quanto à variabilidade dos teores de COT foram obtidos por Souza et al. (2003) e Machado et al. (2007). Utilizando a mesma classificação para o CV, Chaves et al. (2008) verificaram que os estoques de COT na profundidade de 0-30 cm em áreas cultivadas convencionalmente com cana-de-açúcar apresentaram variabilidade média, assim como foi observado neste estudo. Entretanto, é importante destacar que o COP apresentou valores de coeficiente de variação superiores em 21% aos observados no COT. Neste sentido, Conceição et al. (2005) encontraram valores de coeficiente de variação para o COP superiores ou o dobro do COT. Nicoloso (2005) atribuiu à maior variação nos teores de COP a alta dependência dos resíduos vegetais que esta forma tem para manter este reservatório.

Os resultados de estoque das formas de carbono estão apresentados na Tabela 2. Os sistemas convencionais TRD1, TRD2 e CINT foram os sistemas com menor potencial em estocar COT, considerando a condição natural, sendo de 16,7; 19,9 e 14,3 Mg.ha⁻¹, respectivamente, os estoques médios observados

nestas áreas. Verificaram-se perdas nos estoques de COT em torno de 39%, 27%, 16% e 10% nos sistemas TRD1, TRD2, SILV e AGSP, respectivamente e 21 % para a área de CINT, quando analisados em relação às áreas de referência (Tabela 2).

Tabela 2. Estatística descritiva dos estoques de carbono orgânico total (COT), particulado (COP), associado (COA) e solúvel em água (CSA) em Luvissolos sob sistemas de manejo agroflorestal e convencional na Fazenda Crioula, Sobral-CE. 2007.

Medidas	Tratamentos						
	CINT	VEG1	AGSP	SILV	TRD1	TRD2	VEG2
Carbono orgânico total – COT (Mg ha ⁻¹)							
Média	14,03	17,82	24,74	22,97	16,79	19,90	27,40
CV ⁽¹⁾	31,16	48,60	43,85	33,84	35,96	29,37	43,63
Desvio Padrão	4,37	8,66	10,85	7,77	6,04	5,85	11,95
KS ⁽²⁾	0,15*	0,20	0,18*	0,10*	0,08*	0,17	0,17
Carbono orgânico particulado – COP (Mg ha ⁻¹)							
Média	3,82	5,23	8,36	6,17	5,89	4,75	7,82
CV ⁽¹⁾	55,26	52,96	52,48	75,43	64,76	77,68	51,50
Desvio Padrão	2,11	2,77	4,39	4,68	3,82	3,69	4,03
KS ⁽²⁾	0,16*	0,18*	0,19	0,14*	0,08*	0,18	0,24
Carbono orgânico associado – COA (Mg ha ⁻¹)							
Média	10,67	13,59	16,38	18,19	10,89	15,47	19,58
CV ⁽¹⁾	52,79	67,89	70,79	60,62	59,02	48,15	62,78
Desvio Padrão	5,63	9,22	11,59	11,03	6,43	7,45	12,29
KS ⁽²⁾	0,15	0,14	0,23	0,09*	0,07*	0,11*	0,24
Carbono solúvel em água – CSA (Mg ha ⁻¹)							
Média	52,49	71,83	69,59	72,32	67,97	65,53	76,27
CV ⁽¹⁾	23,58	30,59	24,11	54,15	34,74	34,14	24,07
Desvio Padrão	12,38	21,94	16,77	39,16	23,61	22,37	18,36
KS ⁽²⁾	0,12*	0,13*	0,10*	0,13	0,14	0,14*	0,08*
Observações	41	32	41	67	74	28	35

AGSP: agrissilvipastoril, SILV: silvipastoril, TRD1: tradicional 1, TRD2: tradicional 1, CINT: cultivo intensivo em pousio VEG1: vegetação natural 1, VEG2: vegetação natural 2. ⁽¹⁾ Coeficiente de variação. ⁽²⁾ Teste de Kolmogorov-Smirnov, * significativo a 5% de probabilidade.

Embora tenham sido observadas reduções nos teores e estoques de COT, comuns a todos os tratamentos em relação à condição natural, estas reduções se acentuaram nos sistemas agrícolas tradicionalmente adotados na região (TRD1, TRD2, e CINT). Esses resultados concordam com os obtidos por Andrea et al. (2004), quando verificaram que sistemas de manejo conservadores armazenam mais carbono no solo. Na mesma área experimental, Maia et al. (2007) encontraram resultados semelhantes onde os sistemas agroflorestais promoveram um maior estoque de COT, enquanto que a área de CINT apresentou estoque médio de $12,9 \text{ Mg.ha}^{-1}$. Em um Cambissolo na região do Rio Grande do Sul, Sturmer et al. (2007) observaram resultados semelhantes para a mata nativa, porém a área de capoeira que estava em pousio há 5 anos apresentou estoques de $19,9 \text{ Mg.ha}^{-1}$, resultado este superior ao observado neste estudo para a área de CINT, que estava em pousio há aproximadamente seis anos. Em Latossolos da região de Minas Gerais, Neves et al. (2004), também verificaram que tanto os sistemas agroflorestais como os convencionais apresentaram reduções nos estoques de carbono orgânico total, sendo estas mais intensas nas áreas agrícolas convencionais.

Quanto ao estoque do carbono orgânico particulado, verificou-se que o AGSP favoreceu incrementos de 6%, enquanto que perdas de 21%, 25% e 39% foram observadas nas áreas SILV, TRD1 e TRD2, respectivamente, quando comparado a VEG2. Já no CINT observou-se uma redução de 27% em relação à VEG1 (Tabela 2). Estes resultados concordam com os obtidos por Nicoloso (2005), quando verificou que tanto as áreas sem pastoreio como as cultivadas com milho, proporcionaram incrementos da fração particulada em relação ao campo nativo. Os resultados encontrados neste experimento também são semelhantes àqueles obtidos por Sturmer et al. (2007), quando observaram teores médios de $2,4 \text{ g.kg}^{-1}$ em áreas onde a queima e o cultivo intensivo foram adotados, porém $9,27 \text{ g.kg}^{-1}$ de COP em média foram observados nas áreas em que essa prática não foi utilizada.

O maior incremento nos teores e estoques de COP no sistema AGSP em relação às demais áreas estudadas, pode ser atribuído principalmente ao maior aporte de resíduos vegetais e à presença de gramíneas no sistema de cultivo, pois de acordo com Bayer et al. (2004), a matéria orgânica particulada é favorecida pela manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo. Oliveira (2008), estudando os compartimentos do carbono em Limoeiro do Norte-CE, verificou que as

maiores variações de COP ocorreram na camada mais superficial do solo, confirmando a dependência da fração particulada à adição e decomposição dos resíduos vegetais para a manutenção de seus estoques no solo. Bayer et al. (2004) encontraram tendências semelhantes aos obtidos nesta pesquisa, quando verificaram que áreas submetidas ao plantio direto proporcionam incrementos de 37% a 52% no estoque de COP na camada de 0-20 cm, quando comparado aos sistemas convencionais.

Os estoques de COA apresentaram um comportamento semelhante aos teores, onde se verificaram perdas de 7%, 16%, 21% e 44% nas áreas SILV, AGSP, TRD2 e TRD1 comparativamente a VEG2 e 22% para o sistema CINT, em relação à VEG1 (Tabela 2). De acordo com Bayer et al. (2004), isso pode ser atribuído a elevada estabilidade do COA, pois a sua interação com a fração mineral e a localização no interior dos microagregados favorece uma maior resistência desta fração à mineralização.

Apesar do COA apresentar um avançado estágio de humificação, estabilidade química e proteção física pelos microagregados (BAYER et al., 2004), esta forma de carbono teve um efeito significativo, assim como no trabalho desenvolvido por Oliveira (2008), quando avaliou a influência do preparo do solo e do manejo da irrigação no estoque de COA em sistemas de manejo convencional adotados a mais de 10 anos.

Em contrapartida, Bayer et al. (2004), não observaram a influência da forma de carbono associada em sistema de plantio direto implantado há 6 anos, o que, de acordo com esses autores, isso ocorreu em função do pequeno período de tempo, já que o COA, por apresentar uma ciclagem mais lenta, interação com a fração mineral do solo e formação de compostos organominerais, necessita de um tempo maior para que o sistema de manejo altere esta forma de carbono. Entretanto, é importante ressaltar que alterações intensas no reservatório da fração associada como ocorreram no sistema TRD1 podem comprometer a disponibilidade da fração mais lábil (COP), acelerando o processo de degradação do solo nestas áreas.

As variações nos estoques de COP e COA em relação à área de referência permitiram inferir que a fração mais lábil está sendo um pouco mais sensível aos sistemas de manejo, com uma variação média de 24%, enquanto que a fração associada apresentou uma variação de 22%. Esses resultados ratificam os obtidos por Bayer et al. (2002); Bayer et al. (2004) e

Eiza et al. (2005), quando maiores alterações foram observadas nos estoques da forma particulada. Esses autores ressaltam a importância do COP como indicador de qualidade de manejo, principalmente em curtos períodos de avaliação.

O comportamento dos estoques de carbono orgânico associado (CSA) nos sistemas também foi semelhante ao obtido pelos teores, onde os sistemas agroflorestais SILV e AGSP favoreceram perdas de 5% e 9%, enquanto que no TRD1, TRD2 e CINT estas perdas foram intensificadas para 5%, 10% e 23% (Tabela 2). O menor revolvimento do solo no sistema SILV pode ter causado um efeito aditivo nos teores e estoques de CSA. Por outro lado, o efeito inverso nas áreas AGSP, TRD1, TRD2 e CINT favoreceram o aumento do contato com os microorganismos acelerando o processo de decomposição e as perdas desta forma de carbono.

Em geral, a variável CSA apresentou uma tendência melhor definida quando associada às condições de relevo, demonstrando ser mais sensível ao transporte

e, por isso, pode ser um indicativo mais eficiente dos efeitos da erosão na movimentação das partículas de solo. As práticas de manejo intensivas tendem a aumentar os efeitos da erosão e as perdas das partículas de solo, enquanto que as práticas conservacionistas previstas nos SAFs priorizam a mínima interferência humana, com o objetivo de proporcionar um ambiente mais próximo da condição natural.

Os resultados da estatística descritiva para índice de manejo de carbono (IMC) estão descritos na Tabela 3. Os valores variaram de 43,77% a 106,78%, observando os maiores valores nas áreas de AGSP e SILV, enquanto que no TRD2 e no CINT apresentaram os mais baixos índices. A área AGSP destacou-se por ser o único tratamento estudado a apresentar o IMC superior à condição natural VEG2, sendo de 18% o incremento proporcionado por este sistema de manejo. Já os sistemas SILV, TRD1 e TRD2 foram caracterizados por IMC inferiores a VEG2 em 13%, 14% e 52%, enquanto que o CINT apresentou uma redução de 12% em relação a VEG1.

Tabela 3. Índice de manejo de carbono em Luvissolos sob sistemas de manejo agroflorestal e convencional na Fazenda Crioula, Sobral-CE. 2007.

Medidas	Tratamentos						
	CINT	VEG1	AGSP	SILV	TRD1	TRD2	VEG2
Média	69,08	78,25	106,78	78,31	77,43	43,77	90,36
CV ⁽¹⁾	55,59	56,23	64,33	73,41	68,57	66,67	71,15
Desvio Padrão	38,40	44,00	68,70	57,49	53,10	29,18	64,29
KS ⁽²⁾	0,20	0,25	0,20	0,25	0,13	0,30	0,30
Observações	41	32	41	67	74	28	35

AGSP: agrissilvipastoril, SILV: silvipastoril, TRD1: tradicional 1, TRD2: tradicional 1, CINT: cultivo intensivo em pousio VEG1: vegetação natural 1, VEG2: vegetação natural 2. ⁽¹⁾ Coeficiente de variação. ⁽²⁾ Teste de Kolmogorov-Smirnov, * significativo a 5% de probabilidade.

O índice de manejo de carbono apresentou um CV médio de 65%, sendo classificado a partir dos limites propostos por Warrick e Nielsen (1980) como de alta variabilidade. Entretanto, o teste de Kolmogorov-Smirnov a 5% de probabilidade confirma a distribuição normal dos dados.

No processo de quantificação do IMC das áreas, verificou-se que no sistema AGSP, constata-se que apenas 64% ou 2,0 ha da área total foram constituídos por valores de IMC acima da condição ideal, o que não ocorre na VEG2, onde apresentou apenas uma área de

37% (1,1 ha) com IMC superiores a 100% (Tabela 4). No sistema AGSP a maior percentagem de área, em relação aos demais tratamentos, com IMC superior a 100% indica o potencial das práticas de manejo adotadas neste sistema em promover o estoque e o equilíbrio das formas de carbono no solo.

Tabela 4. Quantificação das áreas com IMC inferiores e superiores à condição de vegetação natural em Luvisolos sob sistemas de manejo agroflorestal e convencional na Fazenda Crioula, Sobral-CE.

IMC	Tratamentos						
	CINT	VEG1	AGPS	SILV	TRD1	TRD2	VEG2
	Área - (%)						
ICI ⁽¹⁾	97,6	83,5	35,7	85,4	74,6	99,9	62,6
SCI ⁽²⁾	2,4	16,5	64,3	14,6	25,4	0,1	37,4
Área total (ha)	1,2	1,2	3,5	5,2	4,4	1,9	3,1

AGPS: agrissilvipastoril, SILV: silvipastoril, TRD1: tradicional 1, TRD2: tradicional 2, CINT: cultivo intensivo em pousio VEG1: vegetação natural 1, VEG2: vegetação natural 2. ⁽¹⁾ Inferior a condição ideal, ⁽²⁾ Superior a condição ideal.

No sistema silvipastoril, constatou-se que 85% da área total (4,4 ha) apresentaram valores de IMC inferiores à condição desejada e 15% com valores IMC semelhantes ou superiores a 100% (Tabela 4). As maiores variações de altitude e o predomínio de horizonte superficial de menor espessura podem ter favorecido o predomínio de IMC abaixo de 100% na área SILV. Os tratamentos TRD1, TRD2 e CINT apresentaram aproximadamente 3,3; 1,9 e 1,8 ha com IMC inferiores à condição ideal, sendo 75%, 100% e 98% da área total (Tabela 4).

Os maiores valores de IMC encontrados nos AGSP podem ser justificados pela manutenção da cobertura vegetal, incorporação do material originado da poda das árvores e arbustos, a aplicação do esterco produzido pelos ovinos na área, revolvimento mínimo da superfície e formação de cordões de contenção da erosão hídrica no sentido perpendicular ao declive. Em contrapartida, no SILV práticas como a incorporação do material originado da poda das árvores e arbustos, o não revolvimento do solo e o aporte de esterco produzido pelos animais que se alimentam na área podem justificar o maior IMC encontrado no SILV em relação aos sistemas convencionais. A queima dos resíduos vegetais e exposição da superfície do solo nos sistemas tradicionais prejudicaram o comportamento destes sistemas em relação ao IMC.

Comportamentos similares foram observados por diferentes autores estudando sistemas agroflorestais ou sistemas que apresentam alguma similaridade quanto a algumas propriedades (MARCHIORI JÚNIOR; MELO, 2000; SOUZA; MELO, 2003; AGUIAR et al., 2006; MAIA et al., 2006; RANGEL et al., 2007; RANGEL et al., 2008). Nicoloso (2005), também verificou valores de IMC superiores aos encontrados neste estudo, sendo de 80% nas áreas sob pastoreio, 113% em monocultura do milho e 122% na área sem pastoreio. Tais condições não ocorrem nos demais

sistemas testados, de acordo com o histórico de uso das áreas, mesmo após certo tempo de pousio, como é o caso do CINT.

O menor IMC da área VEG1, quando comparado à VEG2, pode ser justificado pela ação antrópica a que esta foi submetida de acordo com o histórico de uso da área. Além disso, a menor redução observada no CINT pode indicar que o pousio adotado está sendo eficiente na recuperação dos reservatórios de carbono no solo. Entretanto, considerando o IMC de 69,08% como reflexo dos 11 anos do sistema de CINT e 78,25% como valor de referência, verificou-se que são necessários aproximadamente 1,5 anos para que esta área tenha condições de IMC semelhantes ao sistema VEG1.

É importante destacar que o sistema de manejo tradicional da região está promovendo reduções drásticas nos estoques de carbono e, conseqüentemente, no IMC. Considerando que no período de 11 anos, as áreas TRD1 e TRD2 apresentaram IMC de 77,43% e 43,77% e valores de 90,36% como referência, verifica-se a necessidade de um período de pousio de dois anos para o TRD1 apresentar condições semelhantes à VEG2. Por outro lado, como o IMC na área TRD2 foi menor que a metade encontrada na área VEG2, é necessário um período de 12 anos para que o equilíbrio entre as formas de carbono seja restabelecido neste sistema. Estes resultados confirmam os efeitos negativos do uso de práticas inadequadas de manejo dos solos nos reservatório de estoque de carbono no solo, praticamente em toda área. Isso demonstra a necessidade de adoção de práticas conservacionistas para iniciar os processos de recuperação destas áreas, com o intuito de amenizar as perdas de carbono no solo.

Por outro lado, o menor IMC na área SILV pode ser justificado pela sua condição topográfica, pois entre os sistemas estudados, este é o único que está

situado na parte mais elevada da fazenda experimental, onde se observou o predomínio de declividades mais acentuadas, cascalhos que afloram a superfície do solo e regiões com o horizonte A pouco espesso que tende a reduzir o estoque de carbono e o IMC nesta área. Apesar de todas estas adversidades, este sistema está sendo mais eficiente na manutenção das formas de carbono no solo, quando comparado aos sistemas convencionais da região.

A declividade e a curvatura do terreno podem influenciar no transporte, nas perdas e aumentos de nutrientes e matéria orgânica no solo. Na área estudada observou-se que os valores de cotas variaram de 83m a 119m. Entretanto, é importante destacar que as áreas SILV, VEG2 e TRD2 apresentam uma maior variação topográfica, observando-se os pontos mais elevados da Fazenda experimental nestas áreas. A declividade apresentou uma amplitude de 0 a 45% (Fig. 2), predominando classes de 15% a 25%, o que, de acordo com Santos et al. (2005), caracteriza um relevo ondulado.

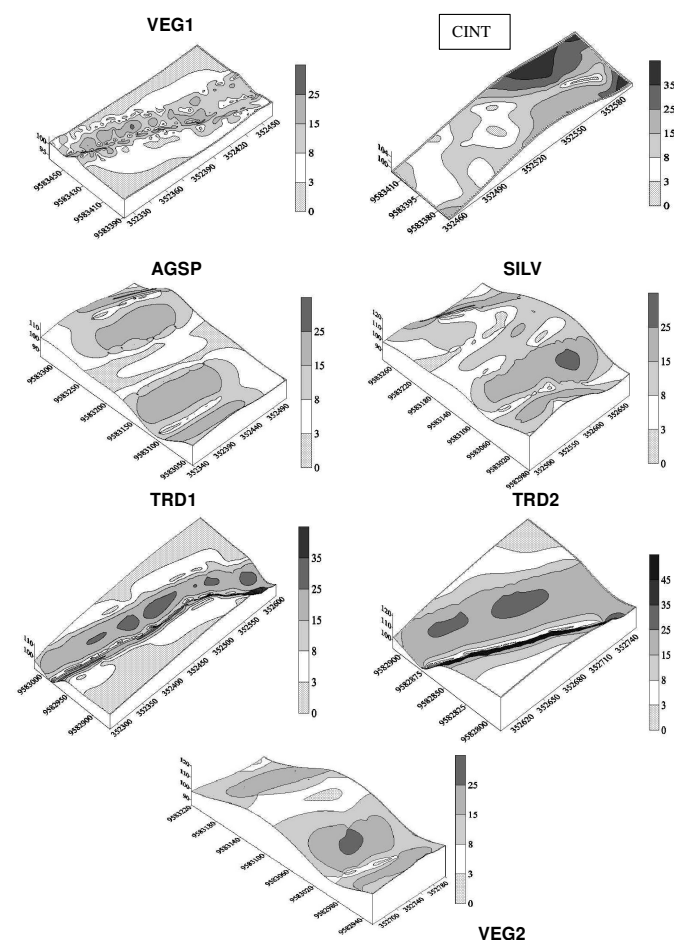


Fig. 2. Variabilidade espacial das classes de declividade nos sistemas agrícolas agroflorestais e convencionais na Fazenda Crioula, no município de Sobral-CE. 2008.

Conclusão

Pelos resultados, os sistemas agroflorestais estudados proporcionaram um maior aporte e estoque de carbono no solo, quando comparado aos sistemas convencionais e tradicionais, mostrando que são eficientes na conservação da matéria orgânica (MO) no sistema. Desta forma, pode-se considerar que as práticas agropecuárias adotadas nestas áreas favorecem a permanência da MO nestes sistemas, sendo importantes para a sustentabilidade do carbono no solo e, consequentemente, a conservação dos solos destas áreas. Nas áreas mantidas sob cultivo tradicional, devem ser adotadas práticas conservacionistas para acelerar o processo de recuperação, visando evitar que as perdas de carbono sejam intensificadas, principalmente com a incidência das chuvas, pelo efeito da erosão do solo.

Quanto ao IMC, foi possível observar que o sistema AGSP destacou-se por apresentar os maiores IMC, quando comparado aos demais tratamentos estudados, inclusive maior do que aqueles encontrados na área de referência, confirmando que as práticas agrícolas adotadas nestes sistemas favorecem a conservação do solo. Os sistemas de manejo tradicional da região estão promovendo reduções drásticas nos estoques de carbono e, consequentemente, no IMC.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro. Ao Centro Nacional de Pesquisas de Caprinos e Ovinos - Embrapa Caprinos por viabilizar a realização do trabalho na área experimental da Fazenda Crioula. Ao Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, pelo apoio e auxílio nas etapas deste trabalho.

Referências

AGUIAR, M. I. de; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S. de; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. de Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas agroflorestais no município de Sobral, CE. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 3, p.270-278, 2006.

ALTIERI, M. A. **Agroecology**: the science of sustainable agriculture. 2.ed. Boulder, CO: Westview ; London: IT Publication, 1995. 433 p.

- ANDRÉA, A.F. d'; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; GUILHERME, L.R.G. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 2, p. 179-186, fev. 2004.
- ARAÚJO FILHO, J. A. de; HOLANDA JÚNIOR, E. V.; SILVA, N. L. da; SOUSA, F. B. de; FRANÇA, F. M. Sistema agrossilvipastorial Embrapa Caprinos. In: LIMA, G. F. da C.; HOLANDA JÚNIOR, E. V.; MACIEL, F. C.; BARROS, N. N.; AMORIM, M. V.; CONFESSOR JÚNIOR, A. A. (Org.). **Criação familiar de caprinos e ovinos no Rio Grande do Norte**: orientações para viabilidade do negócio rural. Natal: EMATER-RN: EMPARN: Embrapa Caprinos, 2006. Cap. 8, p. 193-210.
- ASSIS, C.P. de; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. de S.; NEVES, J.C.L. Carbono e nitrogênio em agregados de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n. 10, p. 1541-1550, out. 2006.
- BARTLETT, R. J.; ROSS, D. N. Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil solutions. **Soil Science Society of America Journal**, v. 52, n. 4, p. 1191-1192, Jul., 1988.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n. 7, p. 677-683, jul. 2004.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN NETO, L.; ERNANI, P. R. Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil. **Plant Soil**, v. 238, p.133-140, 2002.
- BLAIR, G.J.; LEFROY, D.B.; LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.46, p.1459-1466, 1995.
- BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, v.124, p. 3-22, 2005.
- CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J.; ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 11, p.1153-1155, nov., 2004.
- CHAVES, L. H. G.; FARIAS, C. H. de A. Variabilidade espacial do estoque de carbono nos Tabuleiros Costeiros da Paraíba: Solo cultivado com cana-de-açúcar. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 1, p. 20-25, jan./mar., 2008.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).
- CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 777-788, 2005.
- DIEKOW, J. **Estoque e qualidade de matéria orgânica do solo em função de sistemas de culturas e adubação nitrogenada no sistema plantio direto**. 2003. 164 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- EIZA, M. J.; FIORITI, N.; STUDDERT, G. A.; ECHEVERRÍA, H E. Fracciones de carbono orgánico en la capa arable: efecto de los sistemas de cultivo y de la fertilización nitrogenada. **Ciencia del Suelo**, v. 23, p. 59-67, 2005.
- ESRI. **ArcGIS version 9.0. Software and User Manual**. Redlands, CA, 2005. CD-ROM.
- FRANCO, F. S.; COUTO, L.; CARVALHO, A. F. de; JUCKSCH, I.; FERNANDES FILHO, E. I.; SILVA, E.; MEIRA NETO, J. A. A. Quantificação de erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 751-760, nov./dez. 2002.
- MARCHIORI JUNIOR, M.; MELO, W.J. de Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 6, p.1177-82, jun., 2000.
- KALBITZ, K.; SOLINGER, S.; PARK, J. H.; MICHALZIK, B.; MATZNER, E. Controls on the dynamics of dissolved organic matter in soils: a review. **Soil Science**, v. 165, p. 277-304, 2000.

MACHADO, L. O.; LANA, A. M. Q.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C.; FERREIRA, C. V. Variabilidade espacial de atributos químicos do Solo em áreas sob sistema plantio convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 591–599, 2007.

MACHADO, P. L. O. A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, p. 329-334, 2005.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. da S.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. de. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, p. 837–848, 2006.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. da S.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. de. Organic carbon pools in a luvisol under agroforestry and conventional farming systems in the semi-arid region of Ceará, Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 71, n.2, p. 127-138, 2007.

MELLO, J. M. de; BATISTA, J. L. F.; RIBEIRO JÚNIOR, P. J.; OLIVEIRA, M. S. de. Ajuste e seleção de modelos espaciais de semivariograma visando à estimativa volumétrica de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, São Paulo, n. 69, p. 25-37, dez. 2005.

MIRANDA, T.; MACHADO, R.; MACHADO, H.; BRUNET, J.; DUQUESNE, P. Valoración económica de bienes y servicios ambientales en dos ecosistemas de uso ganadero. **Zootecnia Tropical**, v. 26, n. 3, p. 187-189, 2008.

NEVES, C. M. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; MACEDO, R. L. G.; TOKURA, A. M. Estoque de carbono em sistemas agrossilvipastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste do estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, p. 1038–1046, 2004.

NICOLOSO, R. S. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em áreas de integração lavoura-pecuária sob sistema plantio direto**. 2005. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

NOGUEIRA, R. da S.; OLIVEIRA, T. S. de; TEIXEIRA, A. dos S.; ARAÚJO FILHO, J. A. de. Redistribuição de carbono orgânico e fósforo pelo escoamento superficial em sistemas agrícolas convencionais e agroflorestais no semi-árido cearense. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 55, n. 4, p. 327-337, jul./ago., 2008.

OLIVEIRA, A. S. **Qualidade do solo em sistemas agroflorestais em Alta Floresta-MT**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 73 p.

OLIVEIRA, S. P. **Compartimentos de C e N do solo em diferentes sistemas de manejo no perímetro irrigado Jaguaribe-Apodi, Limoeiro do Norte-CE**. 2008. 64 f. Monografia (Graduação) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

OLIVEIRA JÚNIOR, A. C.; SILVA, C. A.; CURI, N.; LIMA, J. M.; RANGEL, O. J. P. Formas e quantidades de carbono em lixiviados de Latossolos Vermelhos sob influência de calcário e fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1261-1271, 2008.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A.; GUIMARÃES P. T. C. Estoque e frações da matéria orgânica de Latossolo cultivado com café em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p.1341–1353, 2007.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A.; GUIMARÃES, T. G.; GUILHERME, L. R. G. Frações oxidáveis do carbono orgânico de latossolo cultivado com café em diferentes espaçamentos de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, mar/abr., p. 429 - 437, 2008.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SANTOS, R. D. dos; LEMOS, R. C. de; SANTOS, H. G. dos; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. rev. e ampl. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 2005. 92 p.

SILVA, G. L. **Qualidade física de um Luvisolo cultivado com sistemas agroflorestais e convencional no semi-árido cearense**. 2008. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SOUZA, C. K.; MARQUES JÚNIOR, J.; MARTINS FILHO, M. V.; PEREIRA, G. T. Influência do relevo e erosão na variabilidade espacial de um Latossolo em Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 1067–1074, 2003.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SILVA, C. A.; BUZETTI, S. Alterações nas frações do carbono em um Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso do solo. **Acta Scientiarum - Agronomy**, Maringá, v. 28, p. 305–311, 2006.

SOUZA, W. J. O.; MELO, W. J. Matéria orgânica em um Latossolo submetido a diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 1113–1122, 2003.

SPAGNOLLO, E. **Dinâmica da matéria orgânica em agroecossistemas submetidos a queima e manejos dos resíduos culturais**. 2004. 210 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

STURMER, S. L. K.; ROSSATO, O. B.; COPETTI, A. C. C.; RHEINHEIMER, D. S. Perdas e recuperação de carbono orgânico em Cambissolo sob diferentes usos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. **Conquistas e desafios da ciência do solo brasileira: anais**. Porto Alegre: SBCS, 2007. 4 f. 1 CD-ROM.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). **Applications of soil physics**. New York: Academic Press, 1980. p. 319-344.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. de S.; NEVES, J.C.L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 5, p. 487-494, maio, 2005.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, p. 1467-1476, 1988.

**Circular
Técnica, 42
On line**

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Caprinos e Ovinos

Endereço: Estrada Sobral/Groaíras, Km 04 - Caixa Postal 145 - CEP: 62010-970 - Sobral-CE

Fone: (0xx88) 3112-7400

Fax: (0xx88) 3112-7455

Home page: www.cnpq.embrapa.br

SAC: <http://www.cnpq.embrapa.br/sac.htm>

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



1ª edição

On line (Dezembro/2009)

**Comitê de
publicações**

Presidente: *Lúcia Helena Sider.*

Secretário-Executivo: *Diônes Oliveira Santos.*

Membros: *Alexandre César Silva Marinho, Carlos José Mendes Vasconcelos, Tânia Maria Chaves Campelo, Verônica Maria Vasconcelos Freire, Fernando Henrique M. A. R. Albuquerque, Jorge Luís de Sales Farias, Mônica Matoso Campanha e Leandro Silva Oliveira.*

Expediente

Supervisão editorial: *Alexandre César Silva Marinho.*

Revisão de texto: *Carlos José Mendes Vasconcelos.*

Normalização bibliográfica: *Tânia Maria Chaves Campelo.*

Editoração eletrônica: *Cópias & Cores.*